



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 195 43 280 A 1

51 Int. Cl.⁸:
H 04 B 7/26
H 04 L 1/00
H 04 L 12/56

21 Aktenzeichen: 195 43 280.0
22 Anmeldetag: 20. 11. 95
43 Offenlegungstag: 22. 5. 97

DE 195 43 280 A 1

71 Anmelder:
Walke, Bernhard, Prof. Dr.-Ing., 52074 Aachen, DE;
Petras, Dietmar, Dipl.-Ing., 52072 Aachen, DE

72 Erfinder:
gleich Anmelder

56 Entgegenhaltungen:

DE 33 37 648 C2
WO 95 05 040 A1

FRANTZEN, V.;

HAENDEL, R.: Grundsteine für schnelleren
B-ISDN-Aufbau. In: telecom report 14, H. 1, 1991,
S. 38-39;

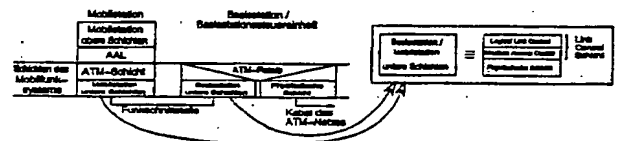
LEE, W.C.Y.: Mobile Cellular Telecommunication
Systems. McGraw-Hill Book Company, USA, 1989,
S. 394-397, 416-420;

PAETZ, Ch.: ATM-Chips- eine Systematik. In:
Elektronik, H. 22, 1995, S. 38-45;
PRANTZEN, V.;
HAENDEL, R.: Breitband - ISDN ante portas. In:
telecom report 11, H. 1, 1988, S. 40-43;

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren und ein zellulares Mobilfunksystem zum drahtlosen, breitbandigen Anschluß mobiler Stationen mit ATM-Schnittstelle an ein ATM-Netz-Übertragungssicherung

57 Bei bekannten zellularen Mobilfunksystemen erfolgt die Übertragung der Daten von verschiedenen Diensten über die Funkschnittstelle dienstspezifisch, indem an der Funkschnittstelle spezielle Anpassungsfunktionen ausgeführt werden, die auf die Eigenschaften bestimmter Dienste (z. B. Sprachübertragung oder Übertragung paketierter Daten) ausgelegt sind. Sollen mobile Teilnehmer über eine virtuelle Verbindung an ein ATM-Netz drahtlos angeschlossen werden, ist dies grundsätzlich nicht für alle Dienste mit der in ATM-Netzen üblichen Dienstgüte möglich, weil die Übertragung von ATM-Zellen in ATM-Netzen dienstunspezifisch erfolgt. Das neue Verfahren und Mobilfunksystem ermöglicht den drahtlosen Anschluß mobiler Teilnehmer für alle Dienste mit zu ATM-Netzen vergleichbarer Verkehrskapazität und Dienstgüte.
Die Übertragung der Daten aller Dienste über die Funkschnittstelle des Mobilfunksystems erfolgt auf der ATM-Schicht (transparent für die ATM-Anpassungsschicht), wodurch systemeigene dienstspezifische Anpassungsfunktionen entfallen. Die LLC-Teilschicht wendet ein Fehlerkorrekturverfahren an, das individuell für jede virtuelle Verbindung die geforderten verbindungspezifischen Dienstgüteparameter "maximale Verlustrate von ATM-Zellen" und "maximale Verzögerung von ATM-Zellen" erfüllt, indem der Aufwand für Fehlerkorrektur den Dienstgüteanforderungen, der Wartezeit von ATM-Zelle sowie den momentanen Übertragungsbedingungen angepaßt wird.
Drahtloser, breitbandiger Anschluß ...



DE 195 43 280 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 03. 97 702 021/385

8/24

Beschreibung

Die Erfindung betrifft Verfahren und ein zellulares Mobilfunksystem nach den jeweiligen Oberbegriffen der Ansprüche 1 und 11.

In manchen Anwendungen treten Anordnungen von Mobilstationen (mobile Funkstationen) mit einem Netz von Basisstationen (feste Funkstationen) und einem Festnetz auf, die folgende Merkmale haben:

- Betrieb in Gebäuden oder im freien Gelände oder in der Nähe von Gebäuden (evtl. unter Einbeziehung von Gebäuden),
- Anordnung von vielen (z. B. 10–500) Basisstationen, die jeweils eine oder mehrere Empfangs- und Sendeeinheiten enthalten,
- Anordnung von vielen (z. B. 50–10 000) Funkteilnehmern mit je eigener Mobilstation, die sich frei in dem gesamten Bereich bewegen können, welcher durch die Basisstationen des Mobilfunksystems versorgt wird,
- Steuerung und Organisation von einigen (z. B. 1–100) Basisstationen durch eine Basisstationssteuereinheit, mit der sie über ein Netz aus Kabeln (mit metallischen bzw. optischen Leitern) oder Funkverbindungen oder Richtfunkverbindungen kommunizieren können,
- Anordnung von einigen (z. B. 1–100) Basisstationssteuereinheiten, die über ein Festnetz aus Kabeln miteinander und mit allen über dieses Festnetz erreichbaren und ggf. nicht zu dem gleichen Mobilfunksystem gehörenden Stationen kommunizieren können,
- Gesamtausdehnung des durch die Basisstationen und Basisstationssteuereinheiten aufgespannten Netzes von typisch 50 m bis 20 km, evtl. auch mehr.

Abb. 1 zeigt ein beispielhaftes Mobilfunksystem mit den Basisstationssteuereinheiten BSC A und BSC B mit je unterschiedlicher Zahl von Basisstationen BS A1...BS An bzw. BS B1...BS Bn und einer über Basisstation BS An, Basisstationssteuereinheit BSC A und das Festnetz geführten Verbindung V1 zwischen der Mobilstation MS M1 und einer systemfremden Station FS1 am Festnetz, sowie einer zwischen Mobilstation MS M1 und Mobilstation M2 geführten Verbindung V2 über die Basisstationen BS An und BS B1, sowie die Basisstationssteuereinheiten BSC A und BSC B.

An solche zellularen Mobilfunksysteme werden bzgl. der Kommunikationsmöglichkeiten Forderungen gestellt, z. B.

- Verfügbarkeit eines Teils oder aller mit Kabeln realisierbaren Kommunikationsdienste mit Leistungsmerkmalen, die denen von Kabeln entsprechen, z. B. Übertragung von Sprache, Bildern, Bewegtbildern und Daten mit variablen oder extrem büschelartigen Datenraten,
- digitale Nachrichtenübertragung,
- alternative Übertragung pro Verbindung mit kontinuierlicher oder variabler Bitrate, die beim Verbindungsaufbau aus einem Bereich (z. B. 16 kbit/s bis 2 Mbit/s) frei gewählt werden darf,
- Automatisierung der Vergabe der Verkehrskapazität an Verbindungen entsprechend den Leistungsanforderungen der Kommunikationsdienste,
- sehr große mögliche Summendatenrate (Verkehrskapazität) des Kanalbündels des gesamten

Mobilfunksystems von z. B. 2 Mbit/s, 16 Mbit/s oder 32 Mbit/s,

- Anwendung einer Funk-Übertragungstechnik, die nur zu einer geringen Emission von Signalenergie führt.

Unter den bekannten Systemen kommen das in [2] beschriebene DECT-System und das in [8] beschriebene UMTS dem erfindungsgemäßen Mobilfunksystem am nächsten. Daraus wird ein Verfahren und ein Mobilfunksystem der eingangs genannten Art als bekannt vorausgesetzt, welches folgende relevanten Merkmale hat:

- Ausdehnung eines Teils oder aller Kommunikationsdienste des Festnetzes auf mobile Teilnehmer,
- unbeschränkte Mobilität der Mobilstationen in einem Teilbereich oder im gesamten Bereich, welcher durch die Basisstationen des Mobilfunksystems versorgt wird,
- es wird eine Funkschnittstelle zur Verfügung gestellt, über die Signalisierungsnachrichten und Informationsnachrichten zwischen Mobilstationen und Basisstationen bidirektional übertragen werden,
- Unterteilung des nutzbaren Frequenzbereiches nach dem Frequenzmultiplexverfahren in mehrere Frequenzkanäle (Träger) mit einer Bandbreite von z. B. 500 kHz, 1 MHz oder 2 MHz. Das gleichzeitige Übertragen auf mehreren Frequenzkanälen erfolgt durch Verwenden von entsprechend vielen parallelen Sende-/Empfangsvorrichtungen.
- Übertragung auf Frequenzkanälen nach dem synchronen Zeitmultiplexverfahren, die so in mehrere Physikalische Kanäle unterteilt werden, wobei die Datenrate eines Physikalischen Kanals für einen bestimmten (oft genutzten) Dienst optimiert ist (zumeist: Übertragung von Sprache). Bei Bedarf können von einer Verbindung auch zwei oder mehr Physikalische Kanäle parallel benutzt werden.
- Die bidirektionale Übertragung auf einem Physikalischen Kanal erfolgt durch Aufteilen eines Kanals in Uplink (von den Mobilstationen zu den Basisstationen) und Downlink (von den Basisstationen zu den Mobilstationen) entweder nach dem Zeitduplexverfahren (Uplink und Downlink auf demselben Frequenzkanal) oder nach dem Frequenzduplexverfahren (Uplink und Downlink auf je einem eigenen Frequenzkanal).
- Zur Übertragung von Nachrichten der Kommunikationsdienste des Festnetzes über die Funkschnittstelle werden dienstspezifische Umsetzungs- bzw. Anpassungsfunktionen ausgeführt,
- Wegen der hohen Bitfehlerrate auf der Funkschnittstelle im Vergleich zu Leitungen des Festnetzes ist eine Anpassungsfunktion zur Fehlersicherung/-korrektur auf der Funkschnittstelle notwendig.
- Die Sicherung von Sprache gegen Übertragungsfehler erfolgt üblicherweise durch systematisches Hinzufügen von Redundanz zur Vorwärtsfehlerkorrektur (engl: forward error correction, FEC).
- Die Sicherung von paketierten Daten gegen Übertragungsfehler erfolgt durch eine hybride Kombination von Fehlererkennung (z. B. durch eine Checksumme) oder Vorwärtsfehlerkorrektur und automatischer Übertragungswiederholung

(engl: automatic repeat request, ARQ) basierend auf einem der üblichen Verfahren (z. B.: HDLC [5] oder RLP [3]).

– Falls die Übertragung von ATM-Zellen (vgl. [4] Seite 16ff) möglich ist, erfolgt ihre Sicherung vor Übertragungsfehlern mit denselben Verfahren wie bei der Übertragung von paketierte Daten, wobei jedoch u. U. die Dienstgüteanforderungen nicht erfüllt werden.

– Die Einführung von neuen Diensten macht in der Regel die Modifikation von existierenden oder das Hinzufügen von zusätzlichen dienstspezifischen Umsetzungs- bzw. Anpassungsfunktionen notwendig.

– Schichtung der Kommunikations- und Organisationsprotokolle gemäß dem ISO-Architekturmoddell [7].

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und ein Mobilfunksystem der eingangs genannten Art anzugeben, das die o. g. Forderungen insbesondere dahingehend erweitert, daß als Festnetz ein ATM-Netz [4] verwendet wird und die Übertragung der Daten aller Dienste auf der Ebene der ATM-Schicht vorgenommen wird (transparent für die ATM-Anpassungsschicht), wodurch keine systemeigenen dienstspezifischen Umsetzungs- bzw. Anpassungsfunktionen mehr notwendig sind und eine Übertragung von ATM-Zellen über die Funkchnittstelle mit einer Dienstgüte möglich ist, die in einem ATM-Festnetz mit vergleichbarer Verkehrskapazität üblicherweise erzielt wird, wobei in einem ATM-Netz Verbindungen verbindungsspezifische Dienstgüteparameter habe (z. B. Durchsatz, Verzögerung, Bitfehlerrate oder Zellverlustrate). Dabei sorgt die Erfindung durch gezielte Maßnahmen dafür, daß die geforderten verbindungsspezifischen Dienstgüteparameter "maximale Verlustrate von ATM-Zellen" und "maximale Verzögerung von ATM-Zellen" eingehalten werden. Dazu wendet sie Verfahren zur Fehlerkorrektur durch automatische Übertragungswiederholung (ARQ-Verfahren) an, die sich von den üblichen Verfahren dadurch unterscheiden, daß sie nicht alle Pakete mit Benutzerdaten gleichartig behandeln und so eine bestimmte, parametrisierbare Dienstgüte anstreben, sondern den Aufwand für Fehlerkorrektur für jede einzelne Virtuelle Verbindung bzw. Virtuellen Pfad der ATM-Schicht bzw. für jede einzelne ATM-Zelle entsprechend deren Dienstgüteanforderungen unter Berücksichtigung der bisherigen Wartezeit einer ATM-Zelle sowie den momentanen Übertragungsbedingungen anpaßt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die in den Patentansprüchen 1 und 11 angegebenen Merkmale gelöst. Die weiteren Ansprüche beinhalten vorteilhafte Ausführungen bzw. Weiterentwicklungen der Erfindung. Die Erfindung wird im folgenden näher erläutert.

Im Unterschied zu dem in [2] beschriebenen DECT-System und dem in [8] beschriebenen UMTS weist das Mobilfunksystem folgende Eigenschaften auf:

- Betrieb des Mobilfunksystems bei sehr hohen Frequenzen (z. B. 5, 17, 40 oder 60 GHz) bzw. über Infrarot- oder Lichtsignale und mit einer großen Bandbreite pro Träger (z. B. 10, 20, 33 oder 40 MHz)
- sehr große mögliche Summendatenrate (Verkehrskapazität) des Kanalbündels an der Funkchnittstelle des gesamten Mobilfunksystems von z. B. 155 Mbit/s, 500 Mbit/s oder 1 Gbit/s

– alternative Übertragungsraten pro Virtueller Verbindung, die beim Verbindungsaufbau aus einem Bereich (z. B. 64 kbit/s bis 150 Mbit/s) frei gewählt werden darf,

– Schichtung der Kommunikations- und Organisationsprotokolle gemäß dem ATM-Protokollreferenzmodell (vgl. [4] Seiten 58–65), wobei die Protokolle der ATM-Anpassungsschicht sowie die Protokolle der ATM-Schicht in der Teilnehmer-ebene (user plane) unverändert übernommen werden und die Protokolle der ATM-Schicht in der Steuerebene (control plane) sowie die Protokolle der Physikalischen Schicht durch systemeigene Protokolle erweitert bzw. ersetzt werden, die wegen der Übertragung über die Funkschnittstelle notwendig sind.

Abb. 2 zeigt das Schichtenmodell der Erfindung, mit dem eine für die ATM-Anpassungsschicht transparente Übertragung von ATM-Zellen möglich ist. Als Vergleich enthält Abb. 3 das Modell von UMTS, welches für einige spezielle, oft genutzte Dienste des Festnetzes optimiert ist, und daher für jeden Dienst spezielle Umsetzungs- bzw. Anpassungsfunktionen benötigt und eine für die ATM-Anpassungsschicht transparente Übertragung von ATM-Zellen nicht ermöglicht.

– Die der Physikalischen Schicht des ATM-Netzes entsprechende Schicht des erfindungsgemäßen Systems wird durch zwei Schichten realisiert, wobei eine davon (Link Control Layer) aus zwei Teilschichten besteht (vgl. Abb. 2):

– Die LLC-Teilschicht (Logical Link Control, vgl. [7]) ist für die Sicherstellung der geforderten Dienstgüte der Virtuellen Verbindungen der ATM-Schicht zuständig, wobei die erfindungsgemäßen Verfahren angewendet werden.

– Die MAC-Teilschicht (Medium Access Control, vgl. [7]) koordiniert mit Hilfe eines MAC-Protokolls die dynamische Vergabe von Übertragungskapazität an Stationen entsprechend deren tatsächlichen Bedarf. Je Empfangs- und Sendeeinheit werden eine oder mehrere Instanzen des MAC-Protokolls eingerichtet. Ein mögliches Verfahren zum Betrieb der MAC-Teilschicht wird in [6] beschrieben. Ihre Dienste haben folgende Charakteristik:

Durch das MAC-Protokoll werden ein oder mehrere Physikalische Kanäle auf einen Frequenzkanal abgebildet, wobei sich ein Physikalischer Kanal mit der ihn betreibenden Basisstation und den auf ihn zugreifenden Mobilstationen wie ein verteilter ATM-Multiplexer verhält. Dadurch erfolgt eine automatische Anpassung der zur Verfügung gestellten Übertragungskapazität während des Betriebs einer Virtuellen Verbindung entsprechend deren momentanen, tatsächlichen Anforderungen.

Die LLC-Teilschicht in einer Mobilstation teilt ihren Bedarf an Übertragungskapazität für den Uplink eines Physikalischen Kanals durch die Übergabe von dynamischen Parametern an die MAC-Teilschicht mit, die z. B. ausgedrückt werden durch:

- Anzahl zu versendender LLC-Protokolldateneinheiten (LLC-PDU)
- Priorität (z. B.: berechnet aus der Restlebensdauer) der zu versendenden LLC-PDUs Die LLC-Teilschicht in einer Basisstationssteuereinheit teilt

ihren Bedarf an Übertragungskapazität für den Downlink eines Physikalischen Kanals ebenfalls durch die Übergabe von dynamischen Parametern an die MAC-Teilschicht mit.

Das Verfahren zum Betrieb der MAC-Teilschicht beruht auf einem Zeitmultiplexverfahren mit Zeitschlitten konstanter Länge zum Transport von Benutzerdaten sowie verkürzten Zeitschlitten zum Transport von Signalisierungsnachrichten. Daraus resultiert, daß nur LLC-PDUs bestimmter Längen zugelassen sind.

Die MAC-Teilschicht puffert keine LLC-PDUs, sondern informiert die LLC-Teilschicht kurzfristig vor einer Übertragung, damit diese ihr eine aktuelle LLC-PDU zum Versenden übergibt. Daraus resultiert eine deterministische Laufzeit von LLC-PDUs gemessen von deren Generierung in der LLC-Teilschicht im Sender unmittelbar vor der Übertragung bis zu deren Auslieferung an die LLC-Teilschicht im Empfänger (unterschiedliche Signallaufzeiten auf dem physikalischen Medium können hierbei gegenüber der Länge einer LLC-PDU vernachlässigt werden).

Auf die Verfahren zum Betrieb der MAC-Teilschicht werden in diesem Patent keine Ansprüche erhoben.

— Die physikalische Schicht ist sendeseitig für das Senden von Bits in physikalischen Bursts und empfangsseitig für deren Entgegennahme zuständig. Auf die Verfahren zum Betrieb der Physikalischen Schicht werden in diesem Patent keine Ansprüche erhoben, und sie werden nicht näher erläutert.

— An die Stelle einer Basisstation kann eine Relaisstation treten, die sich bezogen auf Mobilstationen wie eine Basisstation darstellt, jedoch bezogen auf die in Richtung Festnetz liegende Basisstation wie eine (ortsfixe) Mobilstation verhält.

1. Einzelprobleme und deren Lösungen

Das erfindungsgemäße Fehlerkorrekturverfahren, welches in der LLC-Teilschicht des erfindungsgemäßen Mobilfunksystems eingesetzt wird, basiert auf einem HDLC-artigen Fenstermechanismus (vgl. [1], Seite 97ff), der an die besonderen Anforderungen der schnurlosen Übertragung von ATM-Zellen angepaßt ist.

Wenn von einer Mobilstation mehrere parallele Virtuelle Verbindungen zu derselben Basisstationssteuereinheit geführt werden, dann werden diese bei herkömmlichen Fehlerkorrekturverfahren wie HDLC oder RLP oberhalb der ARQ-Instanz gemultiplext.

Ein wesentliches Merkmal des erfindungsgemäßen Fehlerkorrekturverfahrens ist, daß im Gegensatz zu herkömmlichen Verfahren die Einrichtung von mehreren unabhängigen ARQ-Instanzen erfolgt welche einen Fensteralgorithmus für je eine Virtuelle Verbindung bzw. einen Virtuellen Pfad von mehreren parallel verlaufenden (von derselben Mobilstation zu derselben Basisstationssteuereinheit bzw. umgekehrt) Virtuellen Verbindungen bzw. Virtuellen Pfaden ausführen. Dadurch ergeben sich folgende Vorteile:

— Problematisch für die Übertragung von ATM-Zellen bei den herkömmlichen HDLC-artigen ARQ-Verfahren ist, daß sie alle Pakete mit Benutzerdaten gleichartig behandeln und so eine bestimmte, parametrisierbare Dienstgüte anstreben. Für die Übertragung von ATM-Zellen über eine Funkschnittstelle ist es jedoch nicht sinnvoll und

abhängig von den momentanen Übertragungsbedingungen (etwa Kanalauslastung, Bitfehlerrate des Kanals) oft nicht möglich, die Dienstgüte bezüglich der Zellverlustrate entsprechend einer Glasfaserleitung zu erreichen. Stattdessen ermöglicht das neue Verfahren durch den parallelen Betrieb von mehreren ARQ-Instanzen den Aufwand für Fehlerkorrektur für jede einzelne Virtuelle Verbindung bzw. jeden einzelnen Virtuellen Pfad abhängig von deren Dienstgüteanforderungen zu optimieren.

— In ATM-Multiplexern und ATM-Vermittlungen des Festnetzes werden die einlaufenden ATM-Zellen in der Regel in der Ankunftsreihenfolge abgearbeitet und auf die Ausgangsleitungen geschickt. Aufgrund der im Vergleich zu Glasfasern niedrigen Verkehrskapazität des erfindungsgemäßen Mobilfunknetzes und des wegen der hohen Bitfehlerrate des Funkkanals notwendigen zusätzlichen Fehlerkorrekturverfahrens ist eine bevorzugte Behandlung von ATM-Zellen besonders von echtzeitorientierten Diensten vorteilhaft. Dies resultiert in einer Änderung der Reihenfolge von ATM-Zellen, die nicht zu derselben Virtuellen Verbindungen gehören, aber bewahrt die Reihenfolge von ATM-Zellen innerhalb jeder Virtuellen Verbindung. Dazu werden die in Mobilstationen bzw. Basisstationssteuereinheiten auf Übertragung wartenden ATM-Zellen nach ihren entstandenen Wartezeiten und ihren verbindungsspezifischen Dienstgüteanforderungen zur Übertragung priorisiert, um damit zu erreichen, daß die durch die verbindungsspezifisch angestrebte Dienstgüte festgelegte Schwankung der Verzögerung (delay jitter) jeder ATM-Zelle sowie die maximale Zellverlustrate der Virtuellen Verbindung individuell überwacht und zur Berechnung eines spätmöglichen Übertragungstermins der Zelle herangezogen wird, wobei die Wahrscheinlichkeit für eine Verspätung einer Zelle (Terminüberschreitung) nachweislich minimiert wird [9].

— Wenn parallel verlaufende Virtuelle Verbindungen mit unterschiedlichen Dienstgüteanforderungen bezüglich der maximalen Übertragungsverzögerung von derselben ARQ-Instanz bearbeitet werden, können Situationen auftreten, in denen ATM-Zellen unnötigerweise auf eine Übertragungswiederholung gestörter ATM-Zellen warten müssen: Um die Reihenfolge von ATM-Zellen einer Virtuellen Verbindung zu bewahren, müssen im Falle von fehlerhafter Übertragung von ARQ-Rahmen (die Protokolldateneinheiten von ARQ-Instanzen werden ARQ-Rahmen genannt), also verlorenen Rahmen, alle Rahmen mit höherer Laufnummer als ein verlorener in der empfangenden ARQ-Instanz zwischengespeichert werden, bis der verlorene Rahmen korrekt wiederholt worden ist. Aber falls die ATM-Zelle, die mit dem verlorenen Rahmen übertragen wurde, zu einer anderen virtuellen Verbindung gehört, als die ATM-Zellen aus den bereits erfolgreich übertragenen, aber jetzt im Empfänger gepufferten Rahmen, ist eine Verzögerung der Auslieferung dieser ATM-Zellen an die höhere Schicht nicht notwendig. Falls die Zugehörigkeit von ARQ-Rahmen zu bestimmten Virtuellen Verbindungen im Empfänger bekannt wäre, könnten die wartenden ATM-Zellen vor der Übertragungswiederholung des Rahmens mit der ATM-

Zelle einer anderen Virtuellen Verbindung an die höhere Schicht ausgeliefert werden. Diese Informationslücke wird durch den Betrieb je einer ARQ-Verbindungen mit eigener ARQ-Instanz an jedem Ende je virtueller Verbindung behoben.

Zur Reduzierung der Komplexität und der damit verbundenen Implementierungskosten ist es möglich, einzelne Virtuelle Verbindungen oberhalb einer ARQ-Instanz zu multiplexen und von der gleichen Instanz behandeln zu lassen. Beispielhaft ist dies bei den ABR-artigen (available bit rate [4]) Virtuellen Verbindungen sinnvoll, weil sie üblicherweise die gleiche, sehr niedrige Zellverlustrate fordern und unempfindlich gegenüber relativ großen Laufzeitverzögerungen sind.

2.1 Struktur der Logical Link Control Teilschicht

In Abb. 4 ist eine beispielhafte strukturelle Unterteilung der Funktionalität der LLC-Teilschicht der Mobilstation dargestellt, wie sie für die Implementierung der erfindungsgemäßen Verfahren herangezogen werden kann. Der ARQ Splitter ist zuständig für das Aufspalten und Wiederzusammenfügen des von der ATM-Schicht gelieferten ATM-Zellstroms. Er leitet dabei die von der ATM-Schicht kommenden ATM-Zellen an die entsprechenden ARQ-Instanzen weiter und fügt in der Gegenrichtung die Teilströme von ATM-Zellen der einzelnen ARQ-Instanzen wieder zu einem Strom zusammen, der an die ATM-Schicht geleitet wird.

Eine ARQ-Instanz ist für die Ausführung des ARQ-Protokolls entsprechend dem erfindungsgemäßen ARQ-Verfahren für eine Virtuelle Verbindung bzw. einen Virtuellen Pfad zuständig. Es enthält den Sendepuffer und den Resequencing-Puffer.

Die von den ARQ-Instanzen erzeugten LLC-PDUs werden Rahmen genannt. Alle Rahmen die zu demselben Empfänger verschickt werden (Mobilstation zur Basisstationssteuereinheit oder umgekehrt) werden auf den gleichen logischen Kanal gemultiplext, der in Abb. 4 mit Traffic CHannel (TCH) bezeichnet ist. Eine Mobilstation betreibt einen TCH, der in der Basisstationssteuereinheit endet. Eine Mobilstation kann auch mehrere TCHs zu verschiedenen Basisstationssteuereinheiten betreiben, was etwa zur Vorbereitung und Durchführung von (seamless) Handovern über den Einflußbereich einer Basisstationssteuereinheit hinaus (Netz-Handover) notwendig ist.

Das Multiplexen wird von dem TCH Mux/Demux ausgeführt, der für die Steuerung der Zugriffsreihenfolge von ARQ-Instanzen auf den ihnen zugeordneten TCH zuständig ist. Er enthält einen prioritätengesteuerten Mechanismus zur Bestimmung derjenigen ARQ-Instanz, die als nächstes eine ATM-Zelle in einem Rahmen versenden darf. Die Berechnung der Priorität einer ARQ-Instanz basiert auf den dynamischen Parametern, wie sie auch zur Anzeige der erforderlichen Kanalkapazität an die MAC-Teilschicht verwendet werden. Der Algorithmus zur Prioritätenberechnung und der von der MAC-Teilschicht verwendete Algorithmus zur Bestimmung der Übertragungsreihenfolge von ATM-Zellen von bzw. zu unterschiedlichen Mobilstationen müssen aufeinander abgestimmt sein. Durch geeignete Wahl der dynamischen Parameter ist es möglich, auf bestimmte Ausnahmefälle innerhalb der ARQ-Instanzen zu reagieren, welche etwa durch die Notwendigkeit zur Übertragung eines Receive Ready (RR) Rahmen mit gesetztem Poll-Bit (siehe [5]) im Falle eines geschlosse-

nen Fensters (zu viele ausstehende Quittungen) gegeben sein kann.

Die Struktur der LLC-Teilschicht einer Basisstationssteuereinheit unterscheidet sich von der in einer Mobilstation dadurch, daß eine Basisstationssteuereinheit für jede registrierte Mobilstation einen eigenen TCH einrichtet. Je TCH werden dann die funktionalen Elemente, die zum Betrieb eines TCH verwendet werden, je einmal instantiiert, wie in Abb. 5 durch die gestrichelt gezeichneten, hintereinanderliegenden gleichartigen Funktionen dargestellt.

Im unteren Bereich der LLC-Teilschicht befindet sich ein Handover-Umschalter und Multilink-Splitter. Er bildet einen TCH auf einen oder mehrere Kanäle der Instanzen der MAC-Teilschicht ab. Er verwendet ein Verfahren zum Aufbau, Betrieb und Abbau von ungesicherten Verbindungen unter Verwendung der Dienste der MAC-Teilschicht. Eine derartige Verbindung kann als Datenkanal zur Übertragung der LLC-PDUs des TCH verwendet werden. Ein Datenkanal erhält durch die Funkressourcenverwaltung im unteren Teil der LLC-Teilschicht eine bestimmte Kanalkapazität zugeteilt, die durch die MAC-Teilschicht dynamisch, entsprechend dem momentanen Bedarf zu Verfügung gestellt wird. Alternativ kann eine derartige Verbindung auch als reiner Signalisierungskanal ohne zugeteilte Kanalkapazität betrieben werden. Ein derartiger Kanal kann etwa über eine alternative Basisstation zur gleichen Basisstationssteuereinheit, zu der auch die Nutzdaten des TCH übertragen werden, geführt werden, um die Durchführung eines seamless Handover vorzubereiten. Ein Signalisierungskanal kann jederzeit bei Verfügbarkeit der notwendigen Ressourcen durch eine kurze Signalisierungsprozedur in einen Datenkanal gewandelt werden.

Bei der Durchführung eines seamless Handover wird zunächst ein Signalisierungskanal in einen Datenkanal gewandelt, wodurch anschließend der Handover-Umschalter sehr flexibel den TCH auf einen (oder mehrere) Datenkanäle lenken kann, abhängig von den momentanen Empfangsbedingungen und der verfügbaren Kapazität auf den Datenkanälen.

Wenn die MAC-Teilschicht die gleichzeitige Übertragung von LLC-PDUs über mehrere Datenkanäle anbietet, was etwa bei dem Vorhandensein von mehreren Sende-/Empfangeinheiten in demselben System (MS bzw. BS) der Fall sein kann, dann werden nicht nur während der Durchführung eines seamless Handover kurzfristig die LLC-PDUs des TCH auf mehrere Datenkanäle gelenkt, sondern es kann über eine längere Zeitdauer ein paralleler Betrieb von mehreren Datenkanälen möglich sein (Multilink-Übertragung), wobei die Zuordnung der LLC-PDUs zu einem der Datenkanäle dynamisch abhängig von der durch die MAC-Teilschicht zur Verfügung gestellten Kapazität erfolgt.

Der Connectionless-Handler (Connless-Handler) im unteren Bereich der LLC-Teilschicht ist für den erstmaligen Aufbau eines Signalisierungskanals zu einer Basisstationssteuereinheit notwendig. Dazu muß die MAC-Teilschicht einen verbindungslosen Dienst anbieten, über den der Erstzugriff ermöglicht wird. Der Aufbau aller weiteren Signalisierungs- und Datenkanäle kann über andere bereits existierende Signalisierungs- oder Datenkanäle erfolgen, wenn sie zur gleichen Basisstationssteuereinheit verlaufen, unabhängig von der Basisstation und der Sende-/Empfangeinheit der Mobilstation, über welche die Kanäle physikalisch geführt werden. Dadurch lassen sich vorteilhaft sehr schnell Signalisierungskanäle über alternative Basisstationen auf-

bauen, vorausgesetzt sie werden von der gleichen Basisstationssteuereinheit gesteuert, was die Durchführung von Handover innerhalb der Bereiches einer Basisstationssteuereinheit (Funk-Handover) beschleunigt und dadurch zu einer verbesserten Dienstgüte führt.

2.2 Funktionalität des ARQ-Protokolls in einer ARQ-Instanz

Das erfindungsgemäße Fehlerkorrekturverfahren basiert auf einem HDLC-artigen Fensteralgorithmus. Die Pufferlängen in den ARQ-Instanzen werden abhängig von den Dienstgüteanforderungen der zugeordneten Virtuellen Verbindung festgelegt. Die Wartezeit jeder gepufferten ATM-Zelle wird von der ARQ-Instanz gespeichert, um automatisch die Anzahl der Übertragungswiederholungen entsprechend der maximal erlaubten Verzögerung je Zelle, der maximalen Zellverlustrate und der momentanen Kanalauslastung anzupassen.

Das erfindungsgemäße Fehlerkorrekturverfahren benutzt einen weiterentwickelten Selective Repeat (SR) Algorithmus, indem es Selective REject (SRBJ) Befehle zur gezielten Anforderung von Übertragungswiederholung einzelner ATM-Zellen verwendet. Im Gegensatz zu herkömmlichen Fehlerkorrekturverfahren ist es jedoch zusätzlich möglich, einzelne (stark verzögerte und daher veraltete) ATM-Zellen zu verwerfen, um so vorteilhaft Überlaufzustände der beteiligten Puffer zu vermeiden bzw. zu beheben, welche durch kurzzeitig zu hohem Andrang von ATM-Zellen (Congestion) oder kurzzeitig eingeschränkte Ausbreitungsbedingungen hervorgerufen werden können.

In Abb. 6 ist die Struktur der verschiedenen ARQ-Rahmen dargestellt. Es werden drei Klassen von Rahmen unterschieden:
Unnumbered (U) Diese Rahmen werden entsprechend HDLC für die Einrichtung, Steuerung und den Abbau von ARQ-Verbindungen benutzt.

Numbered (N) Diese Rahmen enthalten immer ein Informationsfeld mit einer ATM-Zelle, sowie eine Sendelaufnummer. Das Feld Info-Poll ermöglicht das Pollen des zu der ATM-Zelle gehörenden Empfängers, welcher durch das Feld Info-ARQ-Id gekennzeichnet ist. Der Typ des Rahmens (N-Type) legt die Verwendung des Ack-N(R) Feldes fest:

RR (Receive Ready) Positive Quittung für alle N-Rahmen bis ausschließlich N(R)

SREJ (Selective Reject) Negative Quittung für den N-Rahmen N(R)

DELAY Die ATM-Zelle des N-Rahmens N(R) wurde verworfen und wird nicht wiederholt werden.

Das Feld Ack-ARQ-Id kennzeichnet die zu den Quittungsfeldern (Ack) gehörende ARQ-Instanz. Das Feld Ack-Poll ermöglicht das Pollen des zu der Quittung gehörenden Empfängers.

Supervisory (S) Ein S-Rahmen wird versendet, wenn mindestens eine Quittung zu verschicken ist, aber keine ATM-Zelle zum Auffüllen des Info-Feldes vorliegt. Der Multi-ACK Rahmen faßt mehrere Quittungen in einem Rahmen zusammen. Die Bedeutung der einzelnen Quittungsfelder entspricht der in N-Rahmen. Ein besonderer Typ im N-Type Feld kennzeichnet ein unbenutztes Quittungsfeld.

Weitere U-Rahmen und S-Rahmen werden auch zur Netzverwaltung (Network-Management, Operation und Control) sowie für die Handoversteuerung eingesetzt.

Die ARQ-Instanz in der empfangenden Station ist für das Wiederherstellen der Reihenfolge (Resequencing) der empfangenden ATM-Zellen entsprechend der Laufnummer N(S) zuständig. Wenn ein Rahmen bei der Übertragung so stark gestört wurde, daß die Physikalische Schicht ihn trotz FEC nicht korrekt dekodieren konnte, dann fehlt dieser Rahmen in der Sequenz und muß zur wiederholten Übertragung angefordert werden. Dabei benutzt das erfindungsgemäße Verfahren einen SREJ (N(R)) Rahmen, der die Übertragungswiederholung des mit N(R) gekennzeichneten N-Rahmens anfordert. Wenn die Sequenz der N-Rahmen bzw. ATM-Zellen im Empfänger komplett ist, dann quittiert er dies mit einem RR (N(R)) Rahmen, wobei N(R) entsprechend HDLC die Laufnummer des nächsten erwarteten Rahmens ist.

2.3 Trennung des Quittungsfeldes innerhalb eines N-Rahmens von dem Informationsfeld

Die Struktur der ARQ-Rahmen des erfindungsgemäßen Fehlerkorrekturverfahrens ist der von herkömmlichen Verfahren ähnlich. Die einzelnen Felder wurden im vorherigen Abschnitt erläutert. Das Rahmentypfeld definiert wie in herkömmlichen Verfahren unter anderem den Quittungstypen des jeweiligen Rahmens, wodurch ein Informationsrahmen im Huckepack-Verfahren eine Quittung transportieren kann. Problematisch bei diesem herkömmlichen Verfahren ist, daß Rahmen mit leerem Informationsfeld übertragen werden müssen, falls dringend eine Quittung verschickt werden muß, aber keine ATM-Zelle zur Übertragung bereitsteht. Besonders in Szenarien mit asymmetrischem Datenaufkommen kommt es dadurch zu einem großen Overhead durch reine Quittungsrahmen. Aber auch bei symmetrischem Datenaufkommen kleben Quittungen an ihren Informationsfeldern und ARQ-Instanzen können nur dadurch wichtige Quittungen verschicken, indem sie ihren ATM-Zellen eine entsprechend hohe Priorität zuweisen, um die Quittung Huckepack auf einem Informationsrahmen zu übertragen.

Mit dem erfindungsgemäßen Fehlerkorrekturverfahren wird nun dieser Nachteil dadurch behoben, daß in einem ARQ-Rahmen das Informationsfeld und das Quittungsfeld von verschiedenen ARQ-Instanzen belegt werden können. Bedingung dabei ist, daß beide ARQ-Instanzen zu parallel verlaufenden ARQ-Verbindungen gehören.

Der TCH Mux/Demux enthält dazu neben dem prioritätengesteuerten Mechanismus zur Bestimmung der ARQ-Instanz, die den Inhalt des Informationsfeldes liefert, einen zweiten prioritätengesteuerten Mechanismus, der diejenige ARQ-Instanz bestimmt, die das Quittungsfeld belegen darf. Zur Kennzeichnung der ARQ-Instanz, auf die sich die Quittung bezieht, enthält ein Rahmen ein zweites Adressenfeld (Ack-ARQ-Id).

Die Parameter, die bei der Bestimmung der Priorität der Quittung einer ARQ-Instanz berücksichtigt werden, sind folgende:

Quittungstyp

Anzahl Rahmen Anzahl von empfangenen Rahmen seit dem Zeitpunkt des letzten Verschickens einer Quittung
Wartezeit Zeitdauer seit dem Auftreten eines Ereignisses, welches die Notwendigkeit zur Übertragung einer Quittung begründet hat, z. B. der Empfang eines N-Rah-

mens

Falls die Notwendigkeit besteht, mindestens eine Quittung zu verschicken, jedoch keine ATM-Zelle für das Informationsfeld eines ARQ-Rahmens vorhanden ist, kann ein S-Rahmen verschickt werden, der mit mehreren Quittungen von derselben oder verschiedenen ARQ-Instanzen aufgefüllt ist.

2.4 Verwendung von Ignore-Timern

Aus der Literatur ist bekannt [1], daß bei herkömmlichen ARQ-Verfahren die Verwendung von Selective Repeat Mechanismen zu Unklarheiten bei der Wiederherstellung der Reihenfolge der ATM-Zellen im Empfänger führen kann, bei denen der Empfänger nicht zwischen dem Empfang einer Übertragungswiederholung und einer Erstübertragung eines neuen Rahmens unterscheiden kann. Die herkömmliche Methode zur Vermeidung derartiger Unklarheiten liegt in der Reduzierung der maximal erlaubten Fenstergröße auf $m/2$, wobei in dem Modulus bei der Kodierung der Laufnummern entspricht.

Eine vorteilhafte Ausführung des erfindungsgemäßen Fehlerkorrekturverfahrens enthält einen Mechanismus, der eine maximal erlaubte Fenstergröße von $m-1$ ermöglicht, indem Ignore-Timer verwendet werden. Voraussetzung dafür ist, daß die ARQ-Rahmenlaufzeit von der Erzeugung eines ARQ-Rahmens bis zu seinem Empfang im Resequencing-Puffer deterministisch ist, wie es bei dem vorausgesetzten Verfahren zum Betrieb der MAC-Teilschicht der Fall ist [6].

Bei Versenden eines N-Rahmens mit der Laufnummer $N(S)$ wird ein Ignore-Timer auf die doppelte ARQ-Rahmenlaufzeit gesetzt und bis zu dessen Ablauf werden alle Anfragen zur wiederholten Übertragung dieses Rahmens mit dem Befehl $SREJ(N(S))$ verworfen, weil diese offensichtlich vom Empfänger vor dem Empfang des zuletzt gesendeten Rahmens abgesendet wurden und sich noch nicht auf den zuletzt übertragenen Rahmen beziehen können.

Desweiteren lassen sich durch die Verwendung von Ignore-Timern aus dem Empfang von Quittungen zusätzliche Informationen ziehen: Der Empfang eines $RR(N(R))$ Befehls quittiert nicht nur alle N-Rahmen bis zur Laufnummer $R-1$, sondern zeigt auch an, daß alle N-Rahmen mit höherer Laufnummer und abgelaufenem Ignore-Timer verloren gegangen sind. Die ARQ-Instanz im Sender ist in der Lage diese N-Rahmen mit höherer Laufnummer nochmals zu übertragen, ohne daß dazu explizit eine Wiederholungsanforderung empfangen werden muß. Zu diesem Zeitpunkt ist es sogar möglich, daß der Empfänger den Verlust dieser N-Rahmen noch nicht registrieren konnte. Vorteilhaft an dieser Ausführung ist die Verringerung der Übertragungsverzögerung und ein geringerer Signalisierungsaufwand.

In Abb. 8 ist eine beispielhafte Protokollsequenz zur Veranschaulichung der Vorteile des Ignore-Timers dargestellt.

Die N-Rahmen mit den Laufnummern $N(S) = 2$ und $N(S) = 3$ sind von der Mobilstation nicht erfolgreich empfangen worden. Sie verschickt einen RR -Rahmen, um die beiden erfolgreich empfangenen N-Rahmen mit den Laufnummern $N(S) = 0$ und $N(S) = 1$ zu quittieren, hat zu diesem Zeitpunkt jedoch keine Kenntnis über den Verlust der folgenden beiden N-Rahmen. Anschließend empfängt sie zwei weitere I-Rahmen erfolgreich. Mit dem Empfang des RR -Rahmens erhält die Basisstationssteuereinheit eine positive Quittung für alle

N-Rahmen mit Laufnummern kleiner als 2. Zu diesem Zeitpunkt sind die Ignore-Timer der N-Rahmen 2 und 3 jedoch bereits abgelaufen, so daß sie als verloren erkannt werden und für eine wiederholte Übertragung vorgemerkt werden. Da die Ignore-Timer der N-Rahmen 4 und 5 noch nicht abgelaufen sind, liegt über sie keine Information vor. Die anschließende erfolgreiche Übertragungswiederholung der N-Rahmen 2 und 3 sorgt für die korrekte Reihenfolge der mit den Informationsfeldern übertragenen ATM-Zellen im Empfänger. Anschließend werden die Rahmen 6 und 7 übertragen, wobei der $SREJ$ Befehl mit $N(R) = 2$ ignoriert wird.

2.5 Ausprägung mit unaufgeforderten Übertragungswiederholungen

Da die MAC-Teilschicht zur Übertragung von ARQ-Rahmen immer Slots der gleichen Länge verwendet, wobei die Länge für die Übertragung von ARQ-Rahmen mit einer ATM-Zelle im Informationsfeld ausgelegt ist, führt das Übertragen von N-Rahmen mit leerem Informationsfeld oder von MultiACK-Rahmen mit freien Quittungsfeldern zwecks Verschicken einer Quittung zu ungenutzter Übertragungskapazität. Die Übertragung von leeren N-Rahmen oder MultiACK-Rahmen wird allerdings notwendig, wenn die sendende Station das Ende ihres Übertragungsfensters erreicht hat (Fenster geschlossen) und eine Quittung über das gesetzte Poll-Bit anfordert. In diesem Fall kann bei einer Ausprägung des erfindungsgemäßen Fehlerkorrekturverfahrens das leere Informationsfeld der N-Rahmen für die unaufgeforderte Übertragungswiederholung von bereits vorher versendeten, jedoch noch nicht quittierten ATM-Zellen verwendet werden.

Zu beachten ist, daß durch diese unaufgeforderten Übertragungswiederholungen Unklarheiten bei der Wiederherstellung der Reihenfolge der ATM-Zellen im Empfänger entstehen können, bei denen der Empfänger nicht zwischen dem Empfang einer Übertragungswiederholung und einer Erstübertragung einer ATM-Zelle unterscheiden kann. Diese Unklarheiten können auch durch die Verwendung von Ignore-Timern nicht verhindert werden, so daß, wie in der Literatur beschrieben [1], die maximal erlaubte Fenstergröße auf $m/2$ reduziert werden muß, wobei m dem Modulus bei der Kodierung der Laufnummern entspricht.

2.6 Behandlung von ATM-Zellen mit zu großer Verzögerung

Bei einer weiteren Ausprägung des erfindungsgemäßen Fehlerkorrekturverfahrens hat die sendende Station die Möglichkeit, ATM-Zellen, die ihre maximal erlaubte Verzögerung überschritten haben, zu verwerfen. Falls eine zu verwerfende ATM-Zelle noch nicht in den Fensteralgorithmus aufgenommen wurde, also noch nicht mit einer Laufnummer versehen worden ist, kann sie ohne Kenntnis des Empfängers verworfen werden. Eine andere Situation entsteht dadurch, daß eine ATM-Zelle nach einer erfolglosen Übertragung vom Empfänger zur wiederholten Übertragung angefordert wird, aber zwischendurch ihre maximale Verzögerung erreicht hat. Falls der Sender diese ATM-Zelle daraufhin verwirft, etwa um eine Überlastsituation abzubauen, so muß er den Empfänger darüber informieren, daß diese ATM-Zelle nicht mehr wiederholt werden wird. Dies geschieht durch den Delay-Befehl, der wie eine Quittung behandelt wird, jedoch vom Sender erzeugt und

zum Empfänger verschickt wird. Die Empfangslaufnummer $N(R)$ in diesem Befehl wird auf die Laufnummer der verworfenen ATM-Zelle gesetzt. Der Delay-Befehl wird wie normale Quittungen im Huckepackverfahren von einem N-Rahmen transportiert, der dadurch zu einem Delay-Rahmen wird. Zur Vermeidung von Dead-lock-Situationen dürfen Delay-Befehle jedoch nicht mit höherer Priorität als normale Quittungen derselben ARQ-Instanz behandelt werden.

In Abb. 9 ist eine beispielhafte Protokollsequenz zur Veranschaulichung der Behandlung von veralteten ATM-Zellen dargestellt:

Der N-Rahmen mit der Laufnummer $N(S) = 1$ konnte von der Mobilstation nicht erfolgreich empfangen werden. Nach dem Empfang des N-Rahmens $N(S) = 2$ erzeugt der Empfänger ein SREJ(1) um die wiederholte Übertragung des verlorenen N-Rahmens 1 anzufordern. Da diese Anforderung verloren geht, wird sie nach Ablauf des SREJ-Timers wiederholt. In der Zwischenzeit ist jedoch in der Basisstationssteuereinheit die maximale Verzögerung der ATM-Zelle aus dem N-Rahmen 1 überschritten und daher der Rahmen mitsamt ATM-Zelle verworfen worden. Daher verschickt die Basisstationssteuereinheit einen N-Rahmen mit der Laufnummer 4, der huckepack den Delay(1)-Befehl transportiert. Damit weiß der Empfänger, daß er nicht mehr weiter auf den Rahmen 1 warten muß und ist in der Lage, sein Empfangsfenster weiterzuschieben. Indem er den Empfang der N-Rahmen 2–5 durch Versenden des RR(6) Rahmens quittiert, kehrt das Protokoll zur Normalsituation zurück.

2.7 Ausprägung mit vorzeitigem Weiterreichen von bereits empfangenen, aber im Empfänger gepufferten ATM-Zellen

Eine vorteilhafte Ausprägung des erfindungsgemäßen Fehlerkorrekturverfahrens besteht darin, daß eine ARQ-Instanz ATM-Zellen, welche im Empfangspuffer zwischengespeichert wurden, weil eine ATM-Zelle mit niedrigerer Laufnummer nicht korrekt empfangen wurde und zur wiederholten Übertragung angefordert wurde, vorzeitig an die ATM-Schicht weiterreicht, damit sie nicht ihre maximal erlaubte Verzögerung überschreiten und damit veralten und verworfen werden müssen. Durch dieses frühzeitige Weiterreichen entsteht eine Lücke in der Folge von ATM-Zellen, jedoch ist diese fehlende ATM-Zelle mit großer Wahrscheinlichkeit bereits im Sender verworfen worden, weil sie älter als die vorzeitig weitergereichte ist. Voraussetzung für das vorzeitige Weiterreichen von ATM-Zellen ist, daß deren Alter näherungsweise bekannt ist. Dazu kann etwa angenommen werden, daß eine ATM-Zelle bereits ihre halbe maximale Verzögerung im Sender auf ihre Übertragung gewartet hat. Es ist jedoch auch möglich, die Wartezeit im Sender dem Empfänger durch ein zusätzliches Feld innerhalb des die ATM-Zelle transportierenden N-Rahmens mitzuteilen. Dieses Delay-Time Feld enthält in komprimierter Form (z. B.: Logarithmus Basis 2, abgerundet) die bisherige Wartezeit der ATM-Zelle gemessen ab der Ankunft der Zelle im Sender. In Abb. 7 ist der Aufbau der N-Rahmen für diese Ausprägung dargestellt.

2.8 Ausprägung mit kurzen Quittungsrahmen

Falls die MAC-Teilschicht einen Dienst zur Übertragung von kurzen LLC-PDUs bzw. ARQ-Rahmen anbietet,

was innerhalb der MAC-Teilschicht etwa durch die Übertragung in Teilzeitschlitzen (ein normaler Zeitschlitz wird in n Teilzeitschlitze unterteilt, z. B. $n = 4$) realisiert sein kann, können bei einer Ausprägung der erfindungsgemäßen Fehlerkorrekturverfahrens mit diesem Dienst spezielle kurze ARQ-Rahmen verschickt werden, welche den N-Rahmen entsprechen, jedoch nur die für die Quittung relevanten Felder enthalten. Wenn die MAC-Teilschicht zur Übertragung eines derartigen Quittungsrahmens auffordert, dann bestimmt der prioritätengesteuerte Algorithmus im TCH Mux/Demux diejenige ARQ-Instanz, die den Quittungsrahmen generieren soll. Vorteilhaft an dieser Ausprägung ist, daß abhängig von der Funktionalität der MAC-Teilschicht Quittungen schneller verschickt werden können und daß im Falle eines geschlossenen Fensters keine normalen N-Rahmen mit leerem Informationsfeld oder Multi-ACK-Rahmen mit ungenutzten Quittungsfeldern verschickt werden müssen.

Literatur

- [1] D. Bertsekas, R. Gallager. Data Networks. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1987.
- [2] ETSI. Radio Equipment and Systems, Digital European Cordless Telecommunications, Draft prETS 300 175. European Telecommunications Standards Institute, August 1991. Draft Standard, Part 1–6.
- [3] ETSI. GSM 04.22 Radio Link Protocol for Data and Telematic Services on the MS-BSS Interface. European Telecommunications Standards Institute, 1993.
- [4] R. Händel, M.-N. Huber, S. Schröder. ATM Networks: Concepts, Protocols, Applications. Addison-Wesley, 1994.
- [5] ISO. HDLC — high level data link control.
- [6] D. Petras. Untersuchung eines Kanalzugriffsprotokolls für eine mobile Erweiterung von ATM-Netzen. In 2. ITG-Fachtagung Mobile Kommunikation '95, Neu Ulm, D, September 1995.
- [7] A.S. Tanenbaum. Computernetzwerke. PRENTICE-HALL, 1981.
- [8] A. Urie, M. Streetin, C. Mourot. An Advanced TDMA Mobile Access System for UMTS. IEEE Personal Communications, Vol. 2, No. 1, pp. 3847, February 1995.
- [9] B. Walke. Waiting-Time Distributions for deadline-oriented Serving. In M. Arato, E. Butrimenko, A. Golenbe, editors, Performance of Computer Systems, pp. 241–260. North-Holland Publishing Company, 1979.

Patentansprüche

1. Verfahren und Einrichtungen zum Betrieb eines zellularen Mobilfunknetzes mit Mobilstationen, Basisstationen, Basisstationssteuereinheiten und einem Festnetz sowie über dieses Festnetz erreichbaren Stationen, bei welchem Verfahren die Basisstationssteuereinheiten durch das Festnetz untereinander und mit allen über das Festnetz erreichbaren Stationen kommunizieren können, und jede Basisstationssteuereinheit die Steuerung und Organisation von an sie angeschlossenen Basisstationen durchführt, so daß gleichzeitig eine oder mehrere Mobilstationen je Basisstation mit Mobilstationen derselben Basisstation oder anderer Basisstationen oder mit über das Festnetz erreichbaren Stationen verbunden werden, wobei eine Verbindung zwi-

schen paarweise kommunizierenden Mobilstationen bzw. zwischen einer Mobilstation und einer Station am Festnetz durch eine oder mehrere Basisstationssteuereinheiten vermittelt wird, und die Teilstrecke zwischen einer Mobilstation und einer Basisstation über digital übertragende Funkkanäle geführt wird (Funkschnittstelle), und bei welchem Verfahren die Unterteilung des nutzbaren Frequenzbereiches in mehrere Frequenzkanäle (Träger) nach dem Frequenzmultiplexverfahren erfolgt und eine Basisstation auf einem oder mehreren Frequenzkanälen je einen Physikalischen Kanal betreibt, denen sich Mobilstationen bei Bedarf zuordnen können, um Nachrichten zu übertragen, wobei bidirektionale Übertragung auf einem Physikalischen Kanal durch Aufteilen eines Kanals in Uplink (von den Mobilstationen zu der Basisstation) und Downlink (von der Basisstation zu den Mobilstationen) entweder nach dem Zeitduplexverfahren (Uplink und Downlink auf demselben Frequenzkanal) oder nach dem Frequenzduplexverfahren (Uplink und Downlink auf je einem eigenen Frequenzkanal) erfolgt, und auf einem Physikalischen Kanal ein statistisches bzw. asynchrones Zeitmultiplexverfahren angewendet wird, welches durch ein Kanalzugriffsverfahren derart koordiniert wird, daß sich ein System bestehend aus einer Basisstation und den ihr zugeordneten Mobilstationen wie ein ATM-Multiplexer verhält, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Festnetz ein ATM-Netz verwendet wird und daß die Übertragung der Daten aller Dienste über alle Teilstrecken auf der Ebene der ATM-Schicht vorgenommen wird, transparent für die ATM-Anpassungsschicht, wodurch keine systemeigenen dienstspezifischen Umsetzungs- bzw. Anpassungsfunktionen an der Funkschnittstelle zwischen einer Mobilstation und einer Basisstation notwendig sind und eine Übertragung von ATM-Zellen über die Funkschnittstelle individuell für jede Virtuelle Verbindung mit einer Dienstgüte erfolgt, die in einem ATM-Festnetz mit vergleichbarer Verkehrskapazität üblicherweise erzielt wird, wobei die Sicherstellung der geforderten Dienstgüte bezüglich der maximalen Rate von verlorenen ATM-Zellen durch ein Fehlerkorrekturverfahren mit einer hybriden Kombination von Vorwärtsfehlerkorrektur und automatischer Übertragungswiederholung (automatic repeat request, ARQ) erfolgt, welches die geforderte Dienstgüte bezüglich maximaler Verzögerung von ATM-Zellen sowie das momentane Verkehrsaufkommen bei der Bestimmung der Anzahl und Dringlichkeit von Übertragungswiederholungen berücksichtigt, wobei ATM-Zellen, deren Wartezeit im Sender aufgrund von zu vielen erfolglosen Übertragungsversuchen oder zu hohem Verkehrsaufkommen die maximale Verzögerung überschritten hat, von dem Fehlerkorrekturverfahren verworfen werden dürfen.

2. Verfahren und Einrichtungen nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß für parallel geführte Virtuelle Verbindungen der ATM-Schicht (von derselben Mobilstation zu derselben Basisstationssteuereinheit oder umgekehrt) je eine eigene Instanz des Fehlerkorrekturverfahrens (ARQ-Instanz) eingerichtet wird, wodurch der Aufwand für die Sicherstellung der geforderten Dienstgüte bezüglich der maximalen Rate von verlorenen ATM-Zellen und der maximalen Verzögerung von ATM-

Zellen für jede einzelne Virtuelle Verbindung entsprechend deren verbindungsspezifischen Anforderungen erfolgt, und daß ein prioritätengesteuerter Mechanismus diejenige ARQ-Instanz bestimmt, der zu einem bestimmten Zeitpunkt eine Protokolldateneinheiten (Rahmen) an die MAC-Teilschicht zwecks Übertragen über den Physikalische Kanal übergeben darf, wobei die Priorität einer ARQ-Instanz von den verbindungsspezifischen Dienstgüteanforderungen der von ihr bedienten Virtuellen Verbindung, von der Wartezeit der zu übertragenden ATM-Zellen sowie von dem internen Zustand der ARQ-Instanz abhängt.

3. Verfahren und Einrichtungen nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß zur Reduzierung der Komplexität und der damit verbundenen Implementierungskosten einzelne Virtuelle Verbindungen von mehreren parallel geführten Virtuellen Verbindungen oberhalb einer ARQ-Instanz gemultiplext werden und von der gleichen ARQ-Instanz behandelt werden, wobei sich derartige Virtuelle Verbindungen durch besondere Eigenschaften wie etwa eine hohe maximal zugelassene Verzögerung auszeichnen.

4. Verfahren und Einrichtungen nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die in Mobilstationen bzw. Basisstationssteuereinheiten auf Übertragung wartenden ATM-Zellen nach ihren entstandenen Wartezeiten und ihren verbindungsspezifischen Dienstgüteanforderungen zur Übertragung priorisiert werden, um damit zu erreichen, daß die durch die verbindungsspezifisch angestrebte Dienstgüte festgelegte Schwankung der Verzögerung (delay jitter) jeder ATM-Zelle sowie die maximale Zellverlustrate der Virtuellen Verbindung individuell überwacht und zur Berechnung eines spätmöglichen Übertragungstermins der Zelle herangezogen wird, wobei die Wahrscheinlichkeit für eine Verspätung einer Zelle (Terminüberschreitung) nachweislich minimiert wird [9], oder daß Gruppen von Virtuellen Verbindungen gebildet und einzelne Gruppen terminorientiert bedient werden.

5. Verfahren und Einrichtungen nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein ARQ-Rahmen mit einer ATM-Zelle in seinem Informationsfeld im Huckepackverfahren eine Quittung transportiert, wobei der Inhalt des Informationsfeldes und des Quittungsfeldes von verschiedenen ARQ-Instanzen stammen können, vorausgesetzt, daß beide ARQ-Instanzen zu parallel verlaufenden ARQ-Verbindungen gehören, und das ähnlich dem prioritätengesteuerten Mechanismus zur Bestimmung derjenigen ARQ-Instanz, die den Inhalt für das Informationsfeld eines ARQ-Rahmens liefert, ein zweiter prioritätengesteuerter Mechanismus diejenige ARQ-Instanz bestimmt, die den Inhalt des Quittungsfeldes eines ARQ-Rahmens liefert, wobei die Priorität einer Instanz von dem zu versendenden Quittungstyp, der Anzahl zu quittierenden ARQ-Rahmen sowie dem internen Zustand der ARQ-Instanz abhängt.

6. Verfahren und Einrichtungen nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei Vorhandensein einer deterministischen Laufzeit von ARQ-Rahmen gemessen von ihrer Erzeugung im Sender und ihrem Empfang im Empfänger, welche durch ein entsprechendes Verhalten

der MAC-Teilschicht hervorgerufen wird, diese Eigenschaft ausgenutzt wird, um mit Hilfe des Einsatzes besonderer Timer unvorteilhafte Überschneidung von Rahmenlaufzeiten zu erkennen und daraus resultierende veraltete Aufforderungen zur Übertragungswiederholung von unmittelbar vorher stattgefundenen Übertragungen zu erkennen und zu verwerfen, sowie aus dem Empfang von positiven oder negativen Quittungen Informationen über den Verlust von weiteren, mit der Quittung nicht unmittelbar verknüpften ARQ-Rahmen zu gewinnen.

7. Verfahren und Einrichtungen nach einem der vorherigen Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß in einer Situation, in der die Notwendigkeit zur Übertragung einer Quittung besteht, jedoch keine ATM-Zelle zur Übertragung in dem Informationsfeld eines ARQ-Rahmens bereitsteht, dieses mit einer bereits vorher übertragenen aber noch nicht quittierten ATM-Zelle aufgefüllt werden kann, wodurch eine nichtangeforderte Übertragungswiederholung stattfindet, wobei durch eine der herkömmlichen, bekannten Methoden sichergestellt sein muß, daß es nicht zu Unklarheiten bei der Wiederherstellung der Reihenfolge der ATM-Zellen im Empfänger kommt.

8. Verfahren und Einrichtungen nach einem der vorherigen Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß eine ARQ-Instanz ATM-Zellen, welche im Empfangspuffer zwischengespeichert wurden, weil eine ATM-Zelle mit niedrigerer Laufnummer nicht korrekt empfangen wurde und zur wiederholten Übertragung angefordert wurde, vorzeitig an die ATM-Schicht weiterreicht, damit sie nicht ihre maximal erlaubte Verzögerung überschreiten und damit veralten und verworfen werden müssen.

9. Verfahren und Einrichtungen nach einem der vorherigen Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß die MAC-Teilschicht die Übertragung von kurzen ARQ-Rahmen ermöglicht, und daß derartige kurze Rahmen kein Informationsfeld, sondern nur ein Quittungsfeld enthalten.

10. Verfahren und Einrichtungen nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die von einer ARQ-Instanz erzeugten Rahmen zu der entsprechenden Partnerinstanz in der empfangenden Station über beliebige physikalische Kanäle übertragen werden können, die eine Verbindung zwischen den in einer Mobilstation und einer Basisstationssteuereinheit enthaltenen Partnerinstanzen bereitstellen, unabhängig von der physikalischen Position der bei der Übertragung durchlaufenen Basisstation und dem von dem Physikalischen Kanal benutzten Frequenzkanal (Träger), und daß zur Durchführung eines Handovers, bei dem nicht die Basisstationssteuereinheit, sondern nur die Basisstation gewechselt wird, lediglich der zur Übertragung genutzte Physikalische Kanal gewechselt wird, ohne daß die ARQ-Instanzen, welche die von dem Handover betroffenen ARQ-Verbindungen betreiben, von dem Handover in Kenntnis gesetzt werden müssen.

11. Zellulares Mobilfunksystem zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorangegangenen Ansprüche, bei dem ein hybrides Frequenz-/Zeitmultiplexverfahren und omnidirektionale oder gerichtete Sende- und Empfangsantennen zur Nachrichtenübertragung zwischen Mobilstationen und

ggf. Teilnehmern in einem mit dem Mobilfunksystem verbundenen Festnetz angewendet werden, dadurch gekennzeichnet, daß das Festnetz als Übertragungstechnik das ATM-Verfahren verwendet und daß eine Mobilstation mit Prozessorleistung und Pufferspeicher ausgerüstet ist, um die Verfahren zur Kommunikation in dem Mobilfunksystem auszuführen, und in dem die Basisstationen Funktionalität zur Ausführung der Verfahren der Physikalischen Schicht enthalten und die Basisstationssteuereinheiten mit Prozessorleistung und Pufferspeicher zur Ausführung der Verfahren zum Betrieb der an sie angeschlossenen und von ihr gesteuerten Basisstationen des Mobilfunksystem ausgerüstet sind.

12. Zellulares Mobilfunksystem nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß an die Stelle einer Basisstation eine Relaisstation treten kann, die sich bezogen auf Mobilstationen als Basisstation darstellt, jedoch bezogen auf die in Richtung Festnetz liegende Basisstation wie eine (orts feste) Mobilstation verhält.

13. Zellulares Mobilfunksystem nach einem der Ansprüche 11 bis 12, gekennzeichnet durch die Verwendung im cm oder mm-Wellen-Frequenzbereich.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

4 Abbildungen zur Beschreibung

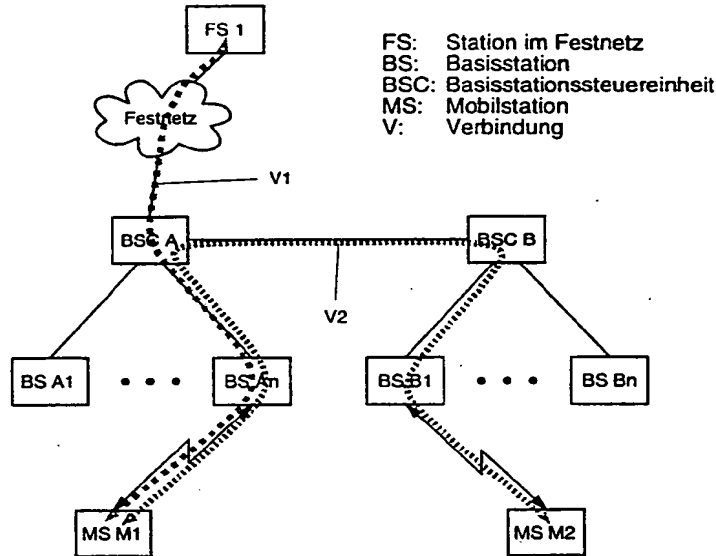


Abbildung 1: Beispielhaftes Mobilfunksystem

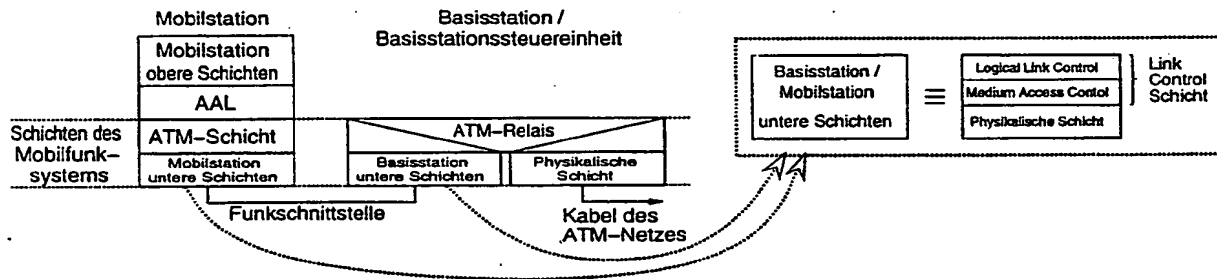


Abbildung 2: Schichtenmodell der Erfindung mit für die ATM-Anpassungsschicht transparenter Übertragung von ATM-Zellen über die Funkschnittstelle

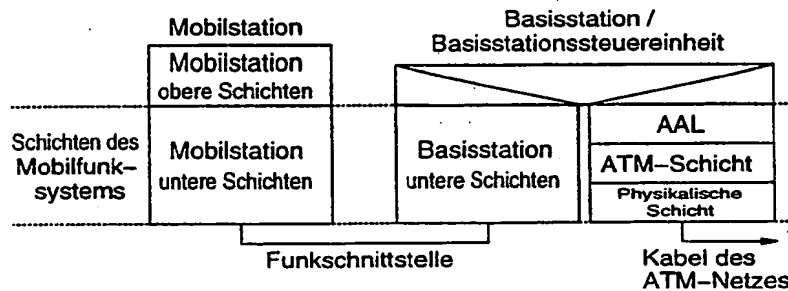


Abbildung 3: Schichtenmodell mit dienstspezifischer Übertragung in UMTS

- Leerseite -

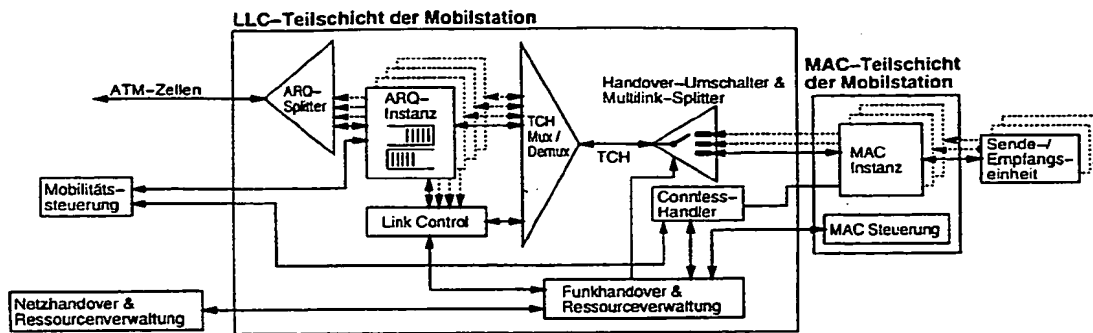


Abbildung 4: Beispielhafte strukturelle Unterteilung der Funktionalität der LLC Teilschicht der Mobilstation

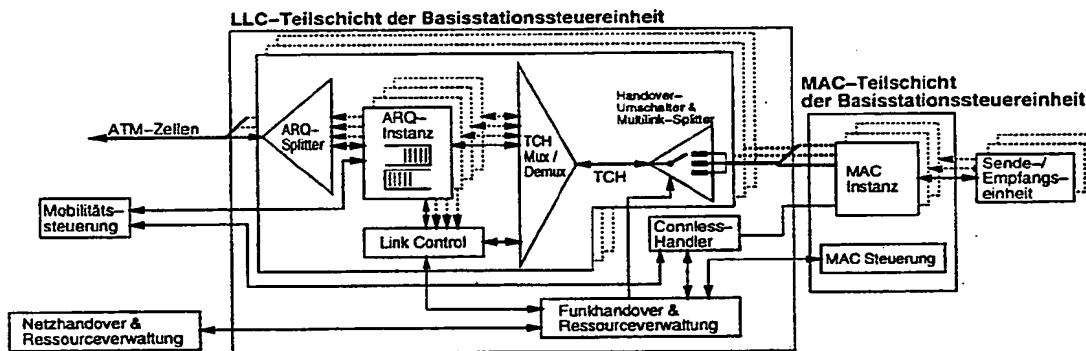


Abbildung 5: Beispielhafte strukturelle Unterteilung der Funktionalität der LLC-Teilschicht der Basisstationssteuereinheit

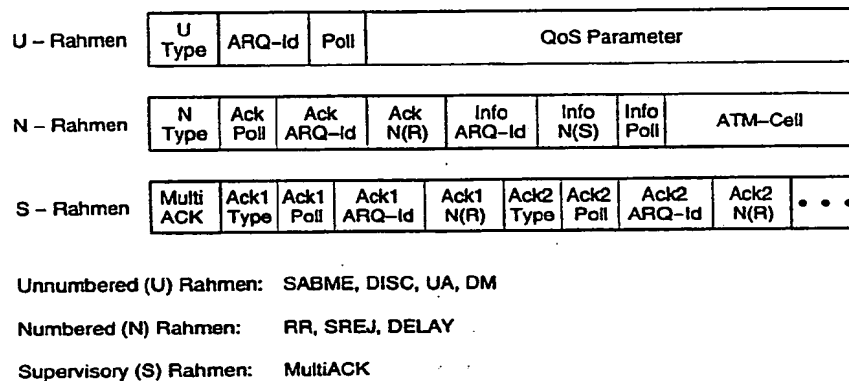


Abbildung 6: Aufbau der ARQ-Rahmen

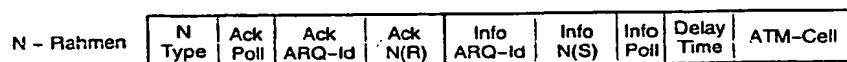


Abbildung 7: Aufbau der modifizierten N-Rahmen für die Ausprägung mit vorzeitigem Weiterreichen von bereits empfangenen, aber im Empfänger gepufferten ATM-Zellen

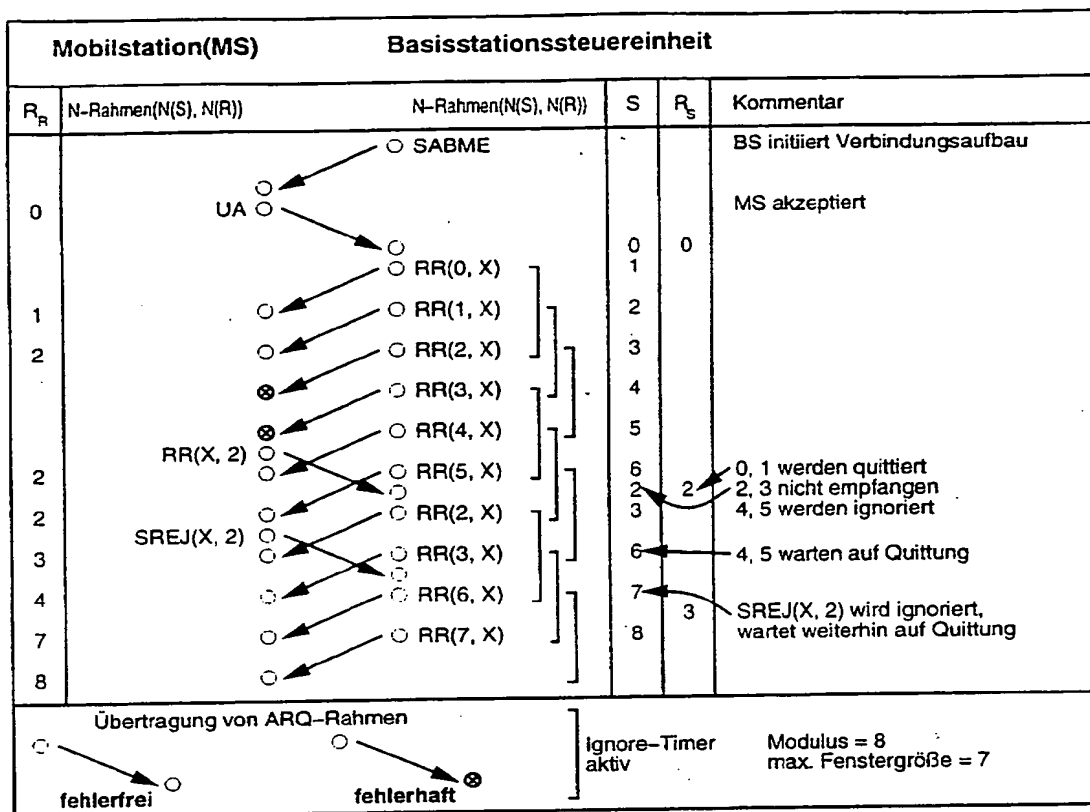


Abbildung 8: Verwendung von Ignore-Timern

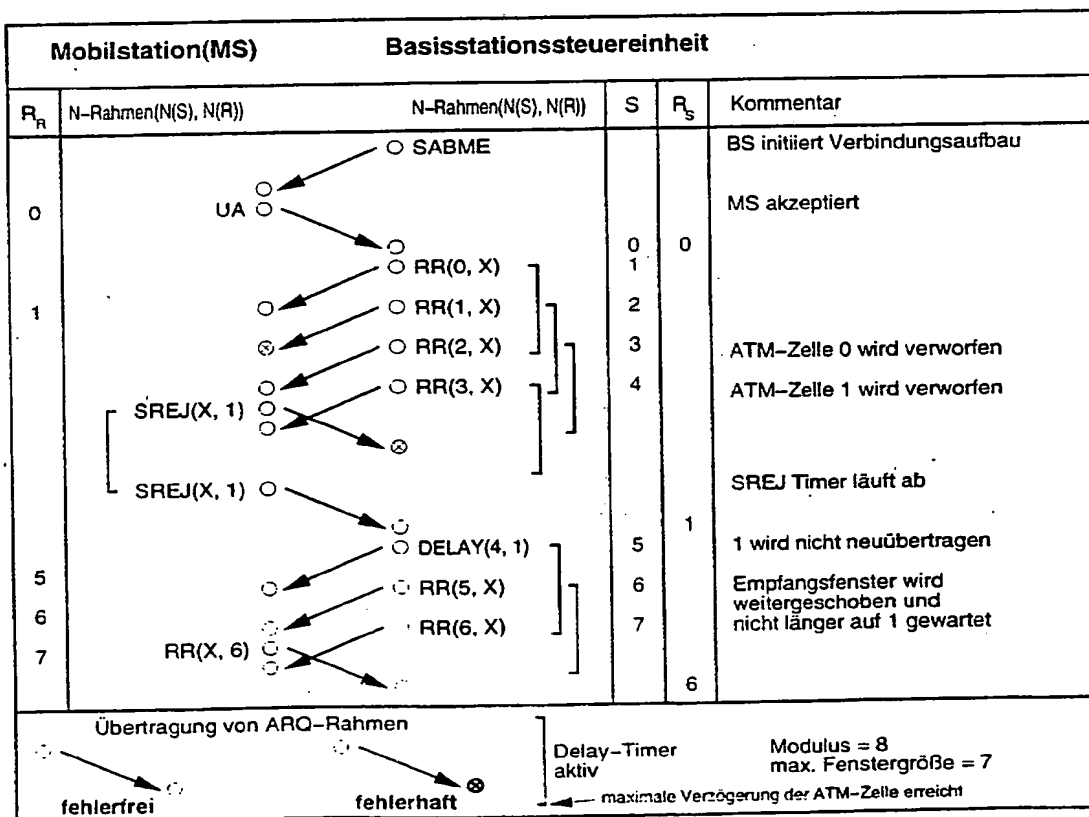


Abbildung 9: Behandlung von verworfenen ATM-Zellen